

SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

BEST AVAILABLE COPY

Publication number: JP9307181

Publication date: 1997-11-28

Inventors: SAGAWA MISUZU; HIRAMOTO KIYOHISA; TOYONAKA TAKASHI;
KIKAWA TAKESHI

Applicant: HITACHI LTD

Classification:

- International: H01S5/00; H01S5/00; (IPC1-7): H01S3/18

- European:

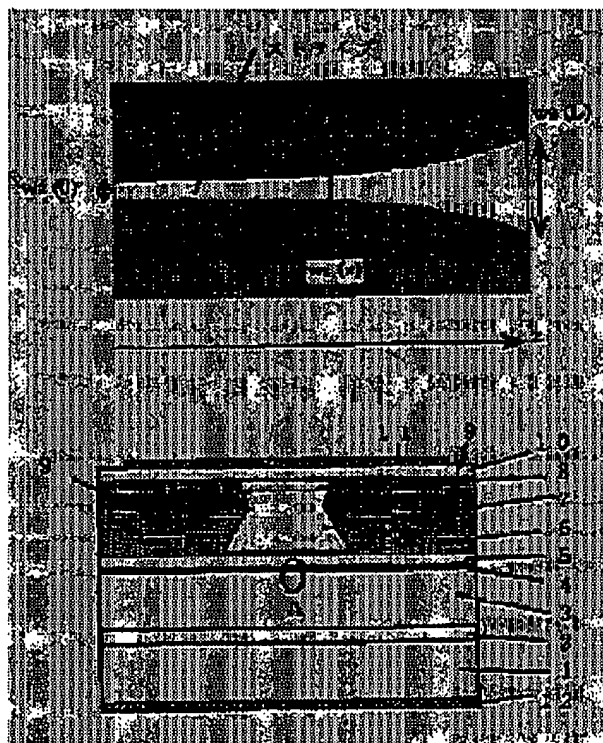
Application number: JP19960124333 19960520

Priority number(s): JP19960124333 19960520

Report a data error here

Abstract of JP9307181

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent mode loss which is to be caused by mode conversion and stabilize a transverse mode, by using a structure wherein the stripe width of a region of high effective refractive index is changed in accordance with an exponential function along the resonator direction. **SOLUTION:** A semiconductor laser device has a stripe type region whose effective refractive index is higher than other parts, along the resonator direction. The width of the region of high effective refractive index is changed in accordance with an exponential function, along a resonator direction. That is, the width of the region of high effective refractive index is set to be smaller than or equal to $3.5\mu\text{m}$ on one end surface side of the resonator, and is set to be greater than or equal to $5\mu\text{m}$ on the other end surface side of the resonator. Since the stripe is wide in the front surface wherein high light density becomes problem, and the light spot is enlarged, light density is reduced. Since a back end surface whose light density is comparatively small is constituted as a narrow stripe, the transverse mode can be stabilized. Therefore, a high output and high reliability laser is realized.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

引用文献

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-307181

(43) 公開日 平成9年(1997)11月28日

(51) Int.Cl.⁹

H 0 1 S 3/18

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 S 3/18

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-124333

(22) 出願日 平成8年(1996)5月20日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 佐川 みすず

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 平本 清久

東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 豊中 隆司

神奈川県横浜市中区戸塚区戸塚町216番地 株

式会社日立製作所情報通信事業部内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置

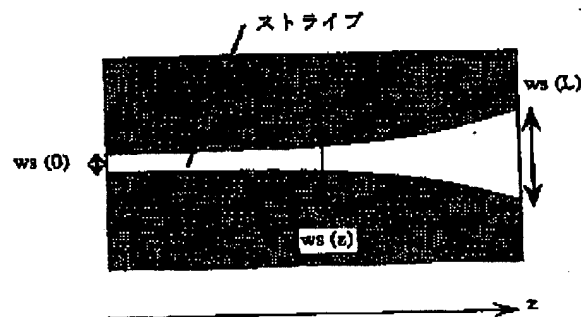
(57) 【要約】

【課題】 本発明は、高出力半導体レーザでストライプ幅を共振器方向に変化させる構造を有する半導体レーザにおいて、モード変換に伴うモード損失が生じず且つ横モードが安定な半導体レーザを提供することにある。

【解決手段】 共振器方向に沿って幅が指数関数に従って変化しているストライプ、または共振器方向に沿って幅が指数関数に従って変化し且つ端面近傍では幅が一定であるストライプを有する半導体レーザにおいて、後端面側のストライプ幅が $3.5\mu\text{m}$ 以下、且つ、前端面側のストライプ幅が $5\mu\text{m}$ 以上とする。

【効果】 本発明により、ストライプ幅を共振器方向に変化させる構造を有する半導体レーザにおいて、モード変換に伴うモード損失が生じず且つ横モードが安定な半導体レーザを実現した。このため、高出力半導体レーザにおいて高信頼化を実現した。

図 1



(2)

特開平9-307181

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体基板上に光を発生する活性層と、光を閉じ込める半導体クラッド層と、レーザ光を得るための共振器構造と、共振器方向に沿ってストライプ状に他の部分よりも実効屈折率の高い領域とを有し且つ上記実効屈折率の高い領域の幅が共振器方向に沿って指数関数にしたがって変化する半導体レーザ装置において、上記実効屈折率の高い領域の幅が一方の共振器端面側で3.5 μm 以下且つ他方の共振器端面側で5 μm 以上であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】半導体基板上に光を発生する活性層と光を閉じ込める半導体クラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造と共振器方向に沿ってストライプ状に他の部分よりも実効屈折率の高い領域を有し且つ上記実効屈折率の高い領域の幅が共振器方向に沿って指数関数に従って変化する半導体レーザ装置において、上記実効屈折率の高い領域の幅が一定である半導体レーザ装置において、上記実効屈折率の高い領域の幅が一方の共振器端面側で3.5 μm 以下且つ他方の共振器端面側で5 μm 以上であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項3】請求項1乃至2に記載の半導体レーザ装置において、レーザ光の波長が1.1 μm 以下であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項4】請求項1乃至3のいずれかに記載の半導体レーザ装置を用いた半導体レーザモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は半導体レーザの構造に係り、特に、共振器方向にストライプ幅が変化する構造を有する半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】現在、光伝送システムで中継器あるいは受信器に用いられる希土類添加光ファイバ増幅器励起光源として光出力150 mW以上の高出力高信頼0.98 μm 帯半導体レーザが要求され、盛んに研究されている。半導体レーザでは共振器方向に実効的に屈折率の高い領域をストライプ状に設けることにより横モード制御を行っている。このストライプと呼ばれる領域の幅は一般的に共振器方向に沿って一定である。ところで、安定な横モード特性を得るためにはこのストライプ幅を狭くする必要がある。一方、広い光スポットを実現するためにはストライプ幅を広くすることが有効な方法である。この2つの相反する要求を満たすために共振器方向にストライプ幅を変化させた構造が報告されている。たとえば、SPIE vol. 893、79ページに記載のKenji IKEDAらによる報告があげられる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】図3はKenji IKEDAらにより報告されたストライプ構造を示す平面図である。ストライプ幅は共振器方向に直線的に増加し

2

ている。ところが、このような方法によりストライプ幅を共振器方向に変化させるとストライプ幅の変化に伴う横モード変換をスムーズに行うことができない。このため、変換時にモード損失が生じたり、また、モード変換不良に帰因する活性層水平方向の遠視野像のサイドピーク発生等横モードが不安定となり、実用には不適であった。

【0004】本発明は、ストライプ幅を共振器方向に変化させる構造を有する半導体レーザにおいて、モード変換に伴うモード損失が生じず且つ横モードが安定な半導体レーザを提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記課題は、半導体基板上に光を発生する活性層と、光を閉じ込める半導体クラッド層と、発生した光からレーザ光を得るための共振器構造と、共振器方向に沿ってストライプ状に他の部分よりも実効屈折率の高い領域とを有し且つ上記実効屈折率の高い領域の幅が共振器方向に沿って指数関数にしたがって変化する半導体レーザ装置において、上記実効屈折率の高い領域の幅が一方の共振器端面側で3.5 μm 以下且つ他方の共振器端面側で5 μm 以上とすることにより解決することができる。また、半導体基板上に光を発生する活性層と光を閉じ込める半導体クラッド層と発生した光からレーザ光を得るための共振器構造と共振器方向に沿ってストライプ状に他の部分よりも実効屈折率の高い領域を有し且つ上記実効屈折率の高い領域の幅が共振器方向に沿って指数関数に従って変化する半導体レーザ装置において、上記実効屈折率の高い領域の幅が一方の共振器端面側で3.5 μm 以下且つ他方の共振器端面側で5 μm 以上とすることにより解決することができる。さらに、レーザ光の波長が1.1 μm 以下である場合に効果が著しい。また、本発明による半導体レーザ装置を半導体レーザモジュールに用いることによりよりいっそうの効果を得ることができる。尚、本発明の半導体レーザ装置において、壁開位置のばらつきによる端面でのストライプ幅のばらつきを抑制する為に共振器の出射光端面の少なくとも一方の端面近傍を上記実効屈折率の高い領域の幅を一定とするのが良い。

【0006】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を図1～2、図4～8を用いて説明する。

【0007】【実施例1】本発明の第1の実施例を図1、2、7、および8を用いて説明する。図1はストライプ構造を、図2(a)は、断面構造を、図2(b)は活性層の拡大図を示している。まず、図1、7、8により本発明の作用について説明する。はじめに、共振器方向のストライプ幅変化について述べる。高出力動作を制限する主要因はキンクの発生である。キンクはビームシフトまたは高次モードの発振開始により発生する。いずれの場合においても実用上問題となる。これらのキンク

(3)

特開平9-307181

3

は光密度が大きいストライプ中央部のキャリア密度が周辺部と比較して減少することによりストライプ内部の利得分布が周辺部で大きくなるために起こる。従って、キंक発生光出力を増大させるためにはキャリアの拡散長に対して光分布が小さくなるように導波路を形成すればよい。すなわち、ストライプ幅を狭くすることが有効である。図7に従来広く用いられている共振器方向でストライプ幅が一定である素子のストライプ幅とキंक発生光出力の関係を示す。キंक発生光出力を200mW以上にするためにはストライプ幅を3.5μm以下とすればよいことがわかる。一方、高出力動作時の素子劣化原因は端面部における高光密度部の結晶の溶融である。これをCOD (Catastrophic Optical Damage) 劣化と呼ぶ。このCOD劣化を抑制するためには、端面における動作光密度を低減すればよい。すなわち、光スポットサイズを拡大すればよい。このためには、ストライプ幅を広くすることが有効である。図8にストライプ幅と最大光出力との関係を示す。ストライプ幅が増大するとCODが起こる光出力が増大することがわかる。このとき、5μm未満の時CODが起る。ところが、ストライプ幅を5μm以上とするとCODは起こらず、最高光出力は飽和により制限される。また、600mW以上の光出力を得ることが出来る。従って、高信頼性を実現するためにはストライプ幅を5μm以上にすることが必要である。このように、高出力高信頼レーザを実現するためには以上で述べた相反する条件を満足させなければならない。このため、高光密度が問題となる前面で広ストライプとし光スポットを広げることにより光密度の低減を図り、光密度が比較的小さい後端面を狭ストライプとすることにより横モードの安定化を図るといった共振器方向にストライプ幅が変化する構造は高出力高信頼レーザを実現するためには有効な方法である。

【0008】次に、高効率で且つモード変換損失無く共振器方向にストライプ幅を変化させる方法について述べる。ストライプ内に導波されている光電界分布 $E(x, y, z)$ は以下の式に従う。

$$E(x, y, z) = X(x, z) Y(y) \exp(i(\omega t - \beta z))$$

ここで、 ω は角周波数を、 β は伝搬定数を表している。また、 x, y, z はそれぞれ活性層に水平方向、垂直方向、共振器方向を示している。また、 $X(x, z)$ は x 軸方向の光電界分布を、 $Y(y)$ は y 軸方向の光電界分布を示している。この式で示すように光電界分布は共振器方向に指数関数で分布していることがわかる。ストライプ幅の変化に帰因した光電界分布の変化は $X(x, z)$ 中に表される。 $X(x, z)$ の z 方向依存性は主にストライプ幅の変化に依存するため、ストライプ幅の変化を指数関数とすることにより共振器方向にモードをなめらかに変化させることができる。したがって、モード

4

変換ロスに帰因したしきい値電流の上昇や遠視野像におけるサイドピークの出現を抑制することができる。

【0010】次に、図2を参照しながら、素子の作製方法について述べる。n-GaAs基板1上にGaAsバッファ層2、GaAs基板に格子整合したn-InGaPクラッド層3、 $\text{In}(1-x)\text{Ga}(x)\text{As}(y)\text{P}(1-y)$ 障壁層($x=0.82, y=0.63$ 、障壁層厚35nm)13及び15と $\text{In}(z)\text{Ga}(1-z)\text{As}$ 亜量子井戸層($z=0.16$ 、井戸層厚7nm)14から構成される亜量子井戸活性層4、GaAs基板に格子整合したp-InGaPクラッド層5、p-GaAs光導波路層6、GaAsに格子整合したp-InGaPクラッド層7、p-GaAsキャップ層8をMOVPE法、またはガスソースMBE法、またはCBE法により順次形成する。次に、酸化膜をマスクに、ホトエッチング工程により図2(a)に示すようなリッジを形成する。このときのエッチングはウエット、RIE、RIBE、イオンミリング等、方法を問わない。また、マスクとなる酸化膜は図1で示した形状をしている。エッチングはp-GaAs光導波路層6を完全に除去し、且つ亜量子井戸活性層4に達しないようにp-InGaPクラッド層5の途中で止まるようにする。次に、エッチングマスクとして用いた酸化膜を選択成長のマスクとして、図2(a)に示すようにn-InGaP電流狭窄層9をMOVPE法により選択成長する。その後成長炉からウエファを取りだし、選択成長マスクとして用いた酸化膜をエッチングにより除去する。その後、p-GaAsコンタクト層10をMOVPE法またはMBE法により形成する。p側電極11、n側電極12を形成した後、剪開法により共振器長約900μmのレーザ素子を得た。この後、素子の前面($w_s(L)$ 側)に $\lambda/4$

(λ :発振波長)の厚みのAlOによる低反射膜を、素子の後面($w_s(0)$ 側)にSiO₂とa-Siからなる6層膜による高反射膜を形成した。各反射膜の構成、製造方法は周知の方法によってよい。その後、素子を接合面を下にして、ヒートシンク上にボンディングした。後端面側のストライプ幅が3.5μm以下、前端面側のストライプ幅が5.0μm以上の素子において、しきい値電流約15mAで室温連続発振し、その発振波長は約0.98μmであった。なお、ここで後端面側のストライプ幅は狭くても効果を奏するが製造プロセスの精度により最小幅は制限される。また、前端面側のストライプ幅は、出射ビームの楕円率より所望の値に設計する。本実施例の場合では、10μm以下が望ましい。また、この素子は500mWまで安定に横単一モード発振した。このときの遠視野像にはサイドピークは見られなかった。また、光出力を増加させても端面劣化は起こらず、最大光出力700mWは飽和により制限された。また、30素子について環境温度80℃の条件下で200mW定光出力連続駆動させたところ、初期駆動電流は約

(4)

特開平9-307181

5

250mAであり、全ての素子で20万時間以上安定に動作した。一方、同一ウエファから比較のために作製した後端面側ストライプ幅4.0 μ m以上の素子は、全て150mW以下で横モードに変化が生じた。また、同一ウエファから比較のために作製した前端面側ストライプ幅が4.5 μ m以下の素子は、環境温度80 $^{\circ}$ Cの条件下で200mW定出力連続駆動させたところ、初期駆動電流は約250mAであったが、全素子とも1万時間で劣化した。

【0011】[実施例2] 本発明の第2の実施例を図4、5を用いて説明する。図4(a)は、断面構造を、図4(b)は活性層の拡大図を、図5はストライプ構造を示す平面図である。

【0012】次に、素子の作製方法について述べる。n-GaAs基板16上にGaAsバッファ層17、n-Al(x)Ga(1-x)Asクラッド層(x=0.35)18、GaAs障壁層(障壁層厚10nm)27とIn(y)Ga(1-y)As歪量子井戸層(y=0.16、井戸層厚7nm)26がAl(z)Ga(1-z)As光閉じ込め層(z=0.2)28により挟まれた構造から構成される歪量子井戸活性層19、p-Al(x)Ga(1-x)Asクラッド層(x=0.35)20、p-GaAsキャップ層21をMOVPE法、またはMBE法により順次形成する。次に、酸化膜をマスクに、ホットエッチング工程により図4(a)に示すようなリッジを形成する。このときのエッチングはウェット、RIE、RIBE、イオンミリング等、方法を問わない。また、マスクとなる酸化膜は図5で示した形状をしている。エッチングは歪量子井戸活性層19に達しないようにp-AlGaAsクラッド層20の途中で止まるように行う。次に、エッチングマスクとして用いた酸化膜を選択成長のマスクとして、図4(a)に示すようにn-Al(s)Ga(1-s)As(s=0.6)電流狭窄層22をMOVPE法により選択成長する。このとき、マスク上成長を防止するために、HCl添加を行う。その後成長炉からウエファを取りだし、選択成長マスクとして用いた酸化膜をエッチングにより除去する。その後、p-GaAsコンタクト層23をMOVPE法またはMBE法により形成する。p側電極24、n側電極25を形成した後、劈開法により共振器長約900 μ mのレーザ素子を得た。端面近傍でストライプ幅が一定の領域(Lc)は5~50 μ mとした。この後、素子の前面に $\lambda/4$ (λ :発振波長)の厚みのAl₂O₃による低反射膜を、素子の後面にSiO₂とa-Siからなる6層膜による高反射膜を形成した。その後、素子を接合面を下にして、ヒートシンク上にボンディングした。後端面側のストライプ幅が3.5 μ m以下、前端面側のストライプ幅が5.0 μ m以上の素子において、しきい値電流約15mAで室温連続発振し、その発振波長は約0.98 μ mであった。また、この素子は500mWま

6

で安定に横単一モード発振した。このときの遠視野像にはサイドピークは見られなかった。また、光出力を増加させても端面劣化は起こらず、最大光出力700mWは熱飽和により制限された。端面近傍にストライプ幅が変わらない領域を設けたことにより、劈開位置の微妙なずれによる端面でのストライプ幅のばらつきが抑制されたため、素子間の特性のばらつきを小さくすることができた。また、30素子について環境温度80 $^{\circ}$ Cの条件下で200mW定出力連続駆動させたところ、初期駆動電流は約250mAであり、全ての素子で20万時間以上安定に動作した。一方、同一ウエファから比較のために作製した後端面側ストライプ幅4.0 μ m以上の素子は、全て150mW以下で横モードに変化が生じた。また、同一ウエファから比較のために作製した前端面側ストライプ幅が4.5 μ m以下の素子は、環境温度80 $^{\circ}$ Cの条件下で200mW定出力連続駆動させたところ、初期駆動電流は約250mAであったが、全素子とも1万時間で劣化した。

【0013】[実施例3] 本発明による半導体レーザ素子をモジュールに組み込んだ例を図6を用いて説明する。図6(a)は本実施例装置の上面図、(b)はそのサブキャリア付近の拡大図、(c)は側面図である。図6において、29は本発明による半導体レーザ素子、30は温度測定用のサーミスタ、31は単一モード光ファイバである。半導体レーザ素子29から出射したレーザ光は第1レンズ37により平行光に変換され、第2レンズ42で集光し、フェルル43付きの光ファイバ31に結合する。また、光出力はフォトディテクタ34によりモニタされている。次に、本装置の組立手順について述べる。まず、サブキャリア35上に、サブマウント33付きの半導体レーザ素子29、サーミスタ30、フォトディテクタ34をとりつけた後、レンズホルダ36と共に第1レンズ37を取り付ける。第1レンズ37は、半導体レーザ素子を駆動させて、その出力光が平行光となるように位置調整してその位置に固定する。ケース38内の底面に電子冷却素子40を取り付け、この電子冷却素子40上にサブキャリア35を取り付ける。ケース38の側壁に第2レンズホルダ41を取り付け、この第2レンズホルダ41内に第2レンズ42を挿入する。フェルル43付きの光ファイバ31を挿入したフェルルホルダ32を第2レンズホルダ41に取り付ける。この時、半導体レーザ素子29を駆動させて、光ファイバ31をフェルルホルダ32に溶接固定し、さらに、フェルルホルダ32を第2レンズホルダ41にYAGレーザ溶接する。半導体レーザ素子29のn電極にはリード線39e、ワイヤボンディング、サブマウント33を通して、p電極には、リード線39f、ワイヤボンディング、サブキャリア35を通して電流が供給される。また、リード線39a、39bを介してサーミスタ30の抵抗値を測定し、リード線39c、39dにより電子

BEST AVAILABLE COPY

(5)

特開平9-307181

8

冷却素子40に電流を流し、サブキャリア35全体を冷却できる。このようにして作製したモジュールにおいて、光ファイバ端から300mW以上の出力光を得た。また、このときの光ファイバとの結合効率は約2.5dBであった。

【0014】

【発明の効果】本発明により、ストライプ幅を共振器方向に変化させる構造を有する半導体レーザにおいて、モード変換に伴うモード損失が生じず且つ横モードが安定な半導体レーザを実現した。このため、高出力半導体レーザにおいて高信頼化を実現した。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による第1のストライプ構造を示した平面図。

【図2】本発明による第1の実施例を示した素子断面図。

【図3】従来構造によるストライプ構造を示した平面図。

【図4】本発明による第2の実施例を示した素子断面図。

【図5】本発明による第2のストライプ構造を示した平面図。

【図6】本発明による素子を搭載したモジュールを示し*

* 図。

【図7】ストライプ幅とキンク発生光出力の関係を示した図。

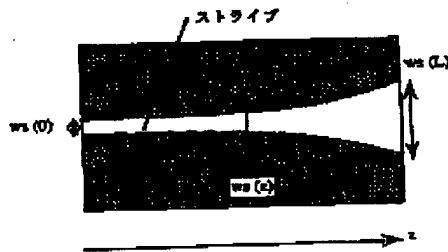
【図8】ストライプ幅と最高光出力の関係を示した図。

【符号の説明】

- 1 n-GaAs基板
- 3 n-InGaPクラッド層
- 4 量子井戸活性層
- 5 p-InGaPクラッド層
- 6 p-GaAs光導波路層
- 7 p-InGaPクラッド層
- 16 n-GaAs基板
- 18 n-AlGaAsクラッド層
- 19 量子井戸活性層
- 20 p-AlGaAsクラッド層
- 29 半導体レーザ素子
- 31 単一モード光ファイバ
- 35 サブキャリア
- 37 第1レンズ
- 38 ケース
- 42 第2レンズ。

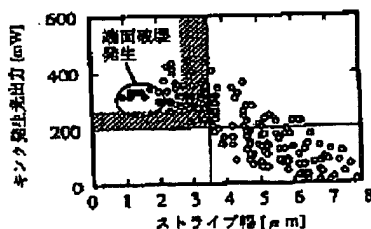
【図1】

図 1



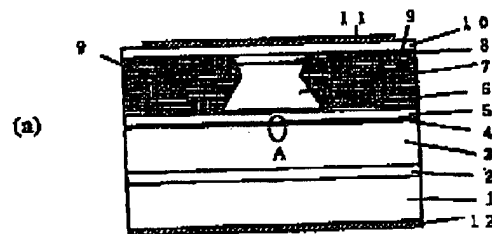
【図7】

図 7



【図2】

図 2



(b)



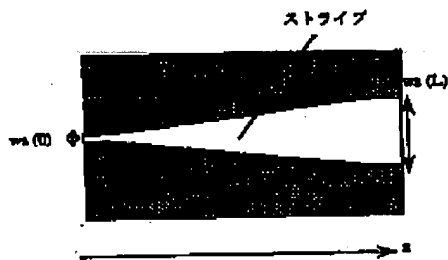
BEST AVAILABLE COPY

(6)

特開平9-307181

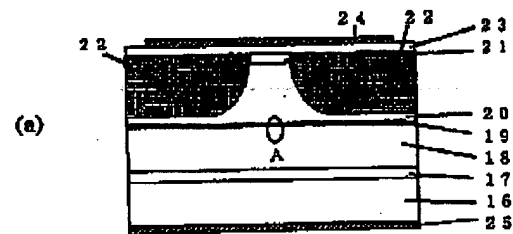
【図3】

図 3



【図4】

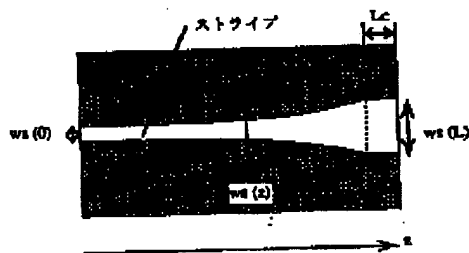
図 4



A部（活性層部）拡大図

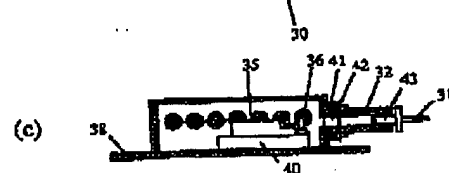
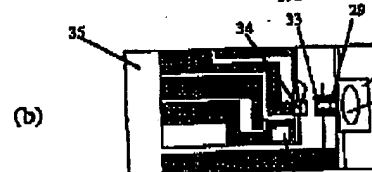
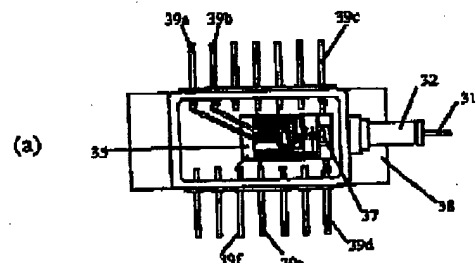
【図5】

図 5



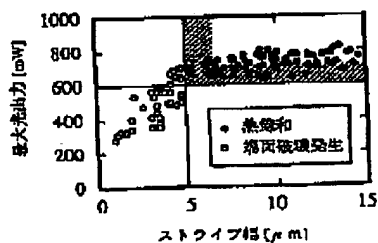
【図6】

図 6



【図8】

図 8



(7)

特開平9-307181

フロントページの続き

(72)発明者 紀川 健
東京都国分寺市東窓ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内